

評価を重視した地学教材の指導の試み

林等¹・本間質郎²・井部和夫³・伊藤正⁴・岩田伸⁵・小柴柳一⁶
新田義信⁷・大川博久⁸・佐藤豊⁹・登石弘淑¹⁰・吉田専一¹¹

I はじめに

われわれ教師が、教育評価をおこなうことは、設定した学習目標の妥当性やその目標を達成するための指導計画、この計画を実践していくための学習過程などが適切であるのかどうかを児童の変容の姿から価値判断し、それらについて反省するとともに、次の学習指導に対する資料を得ることであると考えられる。したがって、教師が自分の指導の仕方の成果を知るのは、児童・生徒がいかに学んだかをとらえる動的な評価によって可能になるといえるだろう。

新学習指導要領は、理科学習において、科学の方法を体得することを重視していることは、ここであらためて強調するまでもない。したがって、従来の知識中心の学力テストだけでは、新しい理科教育の成果を知ることは望めないであろう。逆の見方をすれば、基本的な科学概念と科学の方法を重視した新しい理科教育の成果は、これから、どのような評価をおこなっていくかということによって、きまってくるといえるだろう。また、われわれの実践記録・記録法による「土」の指導とその評価について⁸の中にははっきりみられるように、児童・生徒はテストの仕方やその内容によって、学習をしていることを伺うことができる。だから、教師が、いかに、科学の方法を重視した指導をしても、それにみあうような正しい評価をおこなっていかなくては、教師の意図したことが意識化されず、教育効果はあがらないものになってしまう。このことから、当然のことではあるが、評価の形式や実施の仕方などが、児童・生徒の学習に対する動機づけ、学習方法や態度などに及ぼす影響は、はかりしれないものがあるといえよう。

このように考えると、まず、評価すべき目標を的確におさえたいうで、それぞれの評価形式の特徴に応じて、適切に選択使用することが必要である。これは、評価目標による評価技術の選択ということになるであろうし、さらに、指導と評価は、表裏一体の関係でなくてはならないから、まず、個々の指導目標をはっきりさせなければならないことにもなるであろう。

しかし、地学教育の分野は、他の分野にくらべて「地学教育のPhilosophy」という根本問題を含めて、指導目標、指導法、評価などすべての点で、これから解決をしていかななくてはならないことが多いと考えられる。したがって、いろいろの問題はあるが、ここでは、一応、地学教育のPhilosophyということとは、今後とも研究をすすめていくことにし、また、個々の指導目標は新学習指導要領に求めることにした。そして、個々の評価目標をたてて、おもに、記録法や質問法による評価をおこなって、科学の方法を重視した、学習指導における問題点や評価における問題点をみつけたことに努めた。

だが、新学習指導要領による、われわれの経験不足と研究不足などから必ずしも満足する結果が得られなかったが、今後、みなさんの研究のふみ台としていただければ幸である。

1・2・7・11 県立教育センター 3 白根地区理科教育センター 4 東蒲原郡理科教育センター
5 佐和田町立佐渡地区理科教育センター 6 村上地区理科教育センター 8 小千谷市立理科教育センター 9 中条町立科学教育センター 10 燕市立理科教育センター (A・B・C順)

II 実践例

科学作文をもとにした「流水のはたらき」の指導と評価

1 ねらい

評価の一方法として学習終了後、科学作文をかかせることを昨年報告した。これは児童にとっては、学習成果のまとめりとして、あるいは創造的思考をはたらせる場としての意義があり、教師にとっては、指導の評価資料のひとつとしての意義があろう。けれども、学習前にはどんなイメージで流水のはたらきを見ていたのか、学習の過程でそのイメージがどう変容していったのかについての考察がないとじゅうぶんな資料とはいえない。つまり、学習前に児童はどの程度、流水のはたらきについてのイメージをいっていて、どの程度の探究が可能であるのかを考慮する必要がある。次にどのような場面でどんな探究が可能であるかを想定して、その期待に対してチェックすることが必要である。さらに、学習終了後、どんなまとめりとしてのイメージに変容したのかの追求が必要である。今回は、流水のはたらきについて、学習前と学習後ではどんなイメージの変容がみられるのか、その変容はどのような要因が関係しているかを探ろうとした。

2 学習前と学習後のイメージ

流水のはたらきについて学習前と学習後では、どんなイメージの変容が行なわれるのであろうか。次は同一児童の学習前と学習後の科学作文である。

石ころの旅 (学習前)

K男

石ころは川の水に流され、上から下へと旅をしている。旅をしているあいだにもいろいろな石とぶつかったりして、かくばっていた石ころもまるくなってしまった。大水にでもなれば、道にも流されていく。また佐渡にはそんなことがないと思うが、日でりがつついて水がなくなったときなどは、そこで水のくるのを待っていなければならない。石ころはいつも水といっしょに旅をしている。その石ころのさいごはどうなるんだろう。けずられてなくなるのかな。ながされて海の中をさまようのかな。それともだれかにひろわれるのかな。それがわからない。

石ころの旅 (学習後)

K男

ぼくは石ころです。ぼくはむかし山の岩でした。しかし今は水にながされて、下流にいます。そのむかしのことを今からせつめいします。ぼくが岩石のころ、今から百年くらい前の雨の日でした。雨の水にけずられ、川におちました。それからどんどん流されました。右へいたり左へいたりして、からだもけずられ、からだのかたちがだいぶかわりました。それは川を流れるとき、なかまにぶつかりまるくなったのです。旅のあいだにはまだこんなこともありました。それをおはなししましょう。夏の日旅をしていると日でりが続き、水がなくなってきて、1か月もストップしていることがありました。このようにぼくたち石ころは、いつも水といっしょに旅をしています。また、ぼくたちのなかまで川原にストップしている石ころがあります。それは雨がふり大水になるのを待っているのです。ですから水はぼくたちの旅にはたいせつなのです。水は、ぼくが海へでもまだ何百年も何千年も流れつづき、さいごには山がけずられてひくくなり海が浅くなるだろう。そして何億年もながれつづければ、さとうがなくなるということも考えられる。もしそうだとしたら日本全国なくなるのではないかと流されながら考えるのです。

さて、この学習前後の科学作文から、どんな変容が読みとれるだろうか。児童の科学作文を一読してそれぞれの児童がもつイメージや全体的な傾向を少しでも量的に測定することはできないだろうかと考えてみた。そのひとつが、表-1である。前掲の作文は表-1の3番K男である。すなわち彼の学習前の作文をみると、石ころの旅が流水との関係で考えられているという点で◎印であり、流水と円ま度の

関係のイメージや、流れたり止まったりするという時間的なイメージがうかがえるということで○印である。学習終了後では、流水と石の大きさの変化のイメージが加わり、さらには流水のはたらきで日本全土が海中に没するのではな

表 1

いかというような時間的・空間的なイメージの伸長がうかがえる。K男はこの学習のどこでイメージの変容が構成されたのであろうか。

また表1から全体的傾向として次のようなことが考えられる。

(1) 観点1の流水と石との関係の見方については、学習前にすでに相当多数の児童がイメージとして持っている。しかし学習終了時のそれと比べると流水との関係把握度はうすい。この学習をとおして流水と石ころのふるまいの関係が印象づけられた結果と考えられる。

(2) 流水との関係で石の大きさや円ま度について考えることも学習の前とあとでは明らかに有意の差があると認められる。

(3) 個人ごとにみた場合も、学習後は、流水のはたらきについてのイメージの観点数や質の向上がうかがえる

が、期待したほどの満足すべきものではない。(単元構成、発問などに再検討の必要がある。)

(4) 学習前と学習後では、どの児童もおよそイメージの伸長がみられるが、伸長率には個人差がある。

さて、以上のような傾向がうかがわれるが、ここでさらに次のような点について検討してみる必要を感じる。すなわち、ひとつは、イメージアップにあずかった学習活動はどこにあったのかという学習過程の反省と点検。もうひとつは、期待したイメージに高まらなかった原因を学習過程にそって検討してみることである。以下、それを検討するため学習の一場面をとらえて考えてみたい。

観点 児童名	学 習 前							学 習 後						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 H子	○	○	○	○				○	○	○	○	○		
2 N子	○		○	○				○		○	○	○	○	○
3 K男	○		○		○			○	○	○	○	○	○	○
4 W男	○		○			○		○	○	○	○			
5 I子	○			○		○		○	○	○	○		○	○
6 A子	○	○	○	○				○	○	○	○			○
7 B男								○	○	○	○	○		
8 K子				○				○		○	○	○		
9 G子				○		○		○	○		○		○	
10 S男	○			○				○	○	○				○
11 H男	○			○				○	○	○	○	○	○	
12 Y子	○	○				○		○	○		○			
13 H男	○	○		○				○		○	○	○		
14 S子	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○
15 T男	○	○			○			○	○		○	○	○	○
16 S男	○	○	○					○	○	○			○	
17 O子								○	○	○	○	○		
18 U子	○	○						○	○					

観点

- 石の動きを流水との関係でみるイメージ ○まあまあのイメージ
- 石の大きさが変化するというイメージ ◎期待したイメージ
- 石のまるみが変わるというイメージ ◎期待以上のイメージ
- ほかの雨つぶや石ころという仲間意識のイメージ
- 長い年月・時間とか流れたり止まったりという時間的なイメージ
- 流れの内とか外とかあふれ出るといった空間的なイメージ
- キロメートル, ○億年という量的なイメージ

3 「流水のはたらき」の指導例

(1) 指導計画の概要

① 「雨水のゆくえ」「川原の石」の学習をもとにして「石ころの旅」

「雨水の旅」という科学作文を書いてみよう。—— 第1次(45分)

② 石田川の川原はどんなになっているかみにいこう。—— 第2次(90分)

③ 雨が降りつづいたあとの石田川は、この前とどちらがうだろう。——

④ この川原の石は ずっと前からここにあったのだろうか —— 第3次(180分)

⑤ 上流へあがっていくと、川原や流水のようすは どんなになるだろうか ——

⑥ 下流の石は、ほんとうに上流から流れてきたんだろうか —— 第4次(45分)

⑦ 川でみたことは、川のモデルを作っても同じことがわかるだろうか ——

⑧ 川や、川のモデルが教えてくれたことをもとに科学作文を書こう —— 第5次(45分)

(2) 本時(第3次 第4時)の展開

川下から川上まで歩いて、その差異や共通点をみたり、雨が降り続いたあとの川の様子を観察してもなお、上流の石ころが下流へ流されるといった実感はなかなかつかめないのではないかと考えた。そこで、流れてきたという証拠のひとつが、かどがとれてまるいということだとしたら、簡単な手法で、角れきと水をつかって、円れきにすることはできないだろうかという探究が本時である。

主な教師のはたらきかけ	児童の反応の想定	評価の観点と方法
<ul style="list-style-type: none"> ◦(採集してきた石のひとつを示して)この石は本当に上流から流れてきたものだろうか。 ◦流れてきたという証拠はどこにあるだろうか。 ◦流れるときどんなになって角がとれてまるくなったのだろうか。 ◦それをたしかめてみたいのだが…。 ◦今ここでやってみたいのだが…。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦かどがとれてまるいから上流から流れてきたものだろう。 ◦かどがとれてまるいということだ。 ◦上流のにはかどばった石が多かった。 ◦水に流され、石どうしがぶつかりあってしだいにかどがとれたのだろう。 ◦川へいってのぞいてみる。 ◦上流の石にしるしをつける。 ◦川の模型を作ってみたら。 ◦ビンの中へ角ばった石と水 	<ul style="list-style-type: none"> ◦上流から流れてきた石だろうという推論が次の点から考えられたか。 <ul style="list-style-type: none"> ・まるみや大きさ ・川底の砂の動きの観察 〔ノート・発言〕 ◦上流と下流の石のまるみのちがいに気づいてそこに証拠を求めようとしたか。 <ul style="list-style-type: none"> 〔発言内容〕 ◦水中で流れるようすを石の大きさやまるみから推測することができたか〔発言〕 ◦証拠さがしを、観点をかわえて調べようとしたか〔記録〕 ◦実験室内という条件で方法が考え出せるか。 <ul style="list-style-type: none"> 〔発言内容〕

	を入れてふってみたら	〔ノート〕
◦ビンの中へ角レキと水を入れて何かいもふったら石はどうなるだろう。	◦少しはまるくなるかもしれない。	◦どうなるだろうかという問題をもちえたか。
	◦石はかたいんだから変化がないだろう。	〔ノート・発言〕
	◦何十回も何千回もふったらまるくなるだろう。	
◦どのようにしてやったらよいだろうか。	◦牛乳ビンにかどのある石を数個と水を入れてふってみる。	
	◦何回ふったとき、どうなるか調べる。	
◦やってみよう。	◦（かわりない）	◦事実に即してデーターをとろうとしているか〔観察〕
	◦（すこしかどがとれた）	
	◦（水がにごってきた）	
◦どうだっただろうか。	◦かどがとれてまるみが出てきた。	◦実験の結果から実際の川での流水と石ころの関係を考察しようとしたか。
	◦砂やどろ水が出てきた。	〔発言内容〕
◦実際の川では「ふる」のはだれ？	◦流水（土地の高低）だ。	

(3) 実践の結果と考察

（T：教師，C₁C₂…：児童，◎大多数の児童，（ ）内は記録からの同意見の児童数）

T この川原の石はずっと前から川原にあったのだろうか（考えをノートさせる）

C₁ 上流から水に流されてきたんだと思う。

◎ そうです。

C₂ （C₁につけたして）大雨や洪水のとき、川の近くの岩石がくずされて流れてきたのです。

C₃ （C₂にたして）土手の中やていほうの中に入っていた石がだんだんほり出されて流れてきたのもあると思います。

T 流れてきたという証拠は何だ。（ノート）

C₄ 石のかどがとれてまるくなっているということです。（8名）

C₅ この前みたとき、上流の石はかどばっていたのが多かったし、この石はまるいからです。（2名）

C₆ それに、この前下じきに石をのせて水の中へ入れたらころがって流れていったから。（3名）

T どんなになって流されるのだろうか。

C₇ ゴロゴロとまわりながら。

C₈ ころがるといっても一直線ではなくてあちへいたり、こちへころがったりすると

思う。

C₉ その間に ぶつかりあってかどがとれる。

T さて、ほんとにこのかたい石が水に流されてかどがとれてまるくなるのかな、それを調べてみたいのだが…。

C₁₀ かどのある石をひもでしばって上流から流してみたらわかる。（1名）（中略）

T 今ここで、すぐやってみよう。

C₁₁ 水そうに水を入れてそこへかどばった石を入れて水そうを動かしてみたら。

C₁₂ 水そうは小さいから足洗い場でやったら。

C₁₃ 足洗い場はゆらす（動かす）ことができないから、水をずっとかけておいてみたら。

T 先生は牛乳ビンを用意しておいたんだか。

C₁₄ わかった。そこへかどばった石を入れてふってみる。

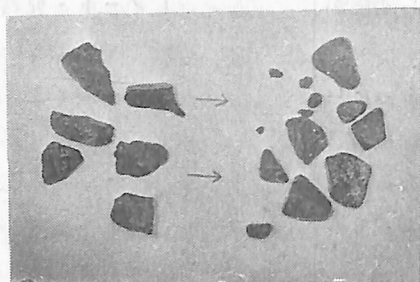
C₁₅ （C₁₄に加えて）石だけではだめだから水も入れる。

C₁₆ それに砂やどろも入れるといい。

C₁₇ 石がまるくなるかどうかということだから、砂やどろはいらない。

◎ そうだ、そうだ。

C₁₈ ビンがわれるのではないか。



(図-1)

- T だいじょうぶ。まるくなると思うか。(ノード)
 C19 まるくなると思う。石と石とがこすれあうのだから。(10名)
 C20 まるくはならないと思う。でも長い時間やっていれば少しはかどがとれるかもわからない。(4名)
 C21 石がだんだんわれて数が多く小さくなる。(3名)
 T さてどうなるかな、やってみよう、何かいくらいふったらいいかな。
 C22 (1億万回、百回、五百回などの声あり)
 (数えながらふる。水がにごってきた、手がだるい、などの声)
 T (2000回をめやすに) どうなったかな。
 C23 ビンの水はすごいどろ水になった。(図-2)
 C24 ふらない石とくらべるとまるくなかったことがわかる。(図-1参照)(11名)
 ◎ まるくなった。かどがとれた分だけ砂やどろになった。
 T みんなは「ふった」のだが実際の川では、ふるのはだれだろう。
 C25 水の波。
 C26 水の流れ、水の力。

T 水の力はどこから
 でてくるのだろう。
 流れをつくっている
 のは何だろう。

- C27 風。
 C28 坂。
 C29 上流と下流の高さ
 のちがい。
 T このダンゴみたいな
 石は、何かいくら
 いぶつかったのだら
 う。

- ◎ ものすごくいっば
 い。数えきれない。
 T いつごろからだら
 う。

- ◎ (明治、奈良、1年
 などの声)

- C30 1年と6か月から
 2年くらいだと思う。

T どうして。

- C30 なんとなく。

- C31 この前、しるしをしておいた川原の石は1週
 間たっても動いていなかった。止まっているあ
 いだは、まるくならないんだからすごく年月が
 かかると思う。

- C32 今、20分くらいふってさえだいぶまるくな
 ったんだから1日くらいでまるくなる。

- C33 流れのちがいでいろいろだから、かんたんに
 何日とか何年とかはいえない。

T そうだね、でもC33君の1日くらいというのは
 どうだろう。

- C34 うそだと思う。それは、ぼくたちがいっしょ
 うけんめいふっても少しまるくなっただけなん
 だし、実際の川では1日中ゴロゴロころがる石
 なんてのはそうないと思う。

- C35 大雨やなんかの時の水はすごくにごっている
 からあんときはまるくなり方がはやいけど、
 ふつうのときはそうまるくはならない。

T そうだね、1年や5年ではなく、何十年も何
 百年も、何千年もかかっているかもしれないよ。

- ◎ (へえーという顔)



(図-2)

<考察>

川上や川下の川のようにすや川原を観察することによって、「下流の石ころは上流から流れてきたものであろう」という推察は大部分の子どもができていのように思われる。しかし、そのことをより強固にやっぱりそうだという実感にまで高める必要がある。以下評価の観点にそって反応をみると次のような問題点や解明点がうかびあがってくる。

- ① 頭初の予想では、このプランは教師のおしつけになるのではないかという懸念をいだいた。いきなり牛乳ビンに角れきと水を入れたものを提示して、これを何回もふったら石や水はどうなるだろうという切り込みを予定したのであったが、児童の自由な発言に支えられて、前掲のプランでそう無理がなかったと思われる。これは、日ごろの学習のトレーニングに負うところが多く、特にC11の児童の着想に助けられた面が多い。

- ② 牛乳ビンの中へ角れきと水を入れてふったら、まるくなるだろうと予想しながらも、はたしてほんとうにまるくなるだろうか、どの程度まるくすることができるだろうかという問題を児童自身をもって、振動の回数を数えながら、ビンの中をのぞく姿こそ探究的な姿であり、その意味でこの学習が流水のはたらきのイメージアップに役立った面が多いと考えられる。特に自分たちが操作したことと自然で観察した石ころとを対比して考えていることが、C₃₄、C₃₅の発言の中にうかがえる。
- ③ ひとつの石ころの時間的な古さを推測することは容易ではない。その石ころの歴史を時間的に考える場合、まるくなる時間の間隔を明治時代からと考えたり、1年間などと推測する。20分ふってこの程度まるくなったんだから、自然の川でも1日もたてばまんまるい石になるだろうというC₃₀君や、C₃₉のように根拠のない推測があったりする。このC₃₀やC₃₂はいわゆるじゃま者であろうか。しかし、C₃₀の発言が契機となってC₃₁、C₃₂、C₃₃……という発展をうながしたとみるならば、それぞれ同等な価値の発言とも考えられる。
- ④ 実験の結果からどんなことがわかったか(時間ぎれで話し合う場がなかった)の記録をみると、最初の問題にたちかえて、やっぱり石は上流から流れてきたんだ、それはまるいということが証拠だという表現でとらえている児童が、32名中9名にすぎない。他の児童は単に実験の結果だけに眼を向けた表現である(例、水がにごって石はまるくなる)。話し合う場がなかったという原因の他に、問題意識を高める発問や実験方法等に問題があると思われる。
- ⑤ 一般には、岩石→大きな石→小さな石→砂→どろといった変化のイメージが時間的に等間隔な距離にあるとうけとられ易い。この学習を通して 角れき $\begin{matrix} \nearrow \text{円れき} \\ \searrow \text{砂・どろ} \end{matrix}$ といったイメージで理解されたとされる。また、この学習は、前述の科学作文の観点1・2・3のイメージの伸長に特に はたらいて役立ったことも考えられる。

4 まとめと反省

流水のはたらきについてのイメージアップを強調してきた。しかしこのイメージとは一体何であろうか。一片の作文や一言の発言や行動のようすから、子どものいづくイメージのすべてを過大でも過少でもなく読みとることができるであろうか。現段階ではできないといわねばならない。すると作文や発言からイメージをつかもうとする努力はすべてむなしい気もする。しかしむなしいからやめるのでは話にならない。つかもうとする積極的な前向きの姿勢に意味を見い出したい。そういう意味で、イメージのつかみ方が浅かったり、過大であったりするのには評価における問題点であり限界でもあろう。イメージを的確にはあくすることができるよう、日々の研究の積み重ねをたいせつにしたいものである。

「川のことは川に聞け」「石のことは石に聞け」というのが探究の精神であろう。この実践を通して子ども自身が探究によって次のような実感を体得することが、特にたいせつであることを感じた。

- ① 石ころが、本当に上流から流れてきたんだという実感
- ② 流水は、その量やはやさの関係で、土砂や石を選ぶのだという実感
- ③ 流水は休みなく、絶えまなく流れているのだという実感

これらの実感を体得する中から、今まで持っていた流水に対してのイメージが学習後では質的に高まったものとなり、次の学習(地そうとたいせき岩)への有力な はたらき となる。

記録法による「土」の指導とその評価について

小学校3年，単元「土」の指導で，問題解決の過程を重視した指導を試みた。そのとき，児童は「何をどのように考え」「どのように解決しようとしたのか」，いわゆる児童の思考過程に沿って，思考（科学的思考や方法）の変容を「会話記録による方法」と「記録用紙による方法」でとらえたので報告する。

1 指導計画について

(1) 単元について

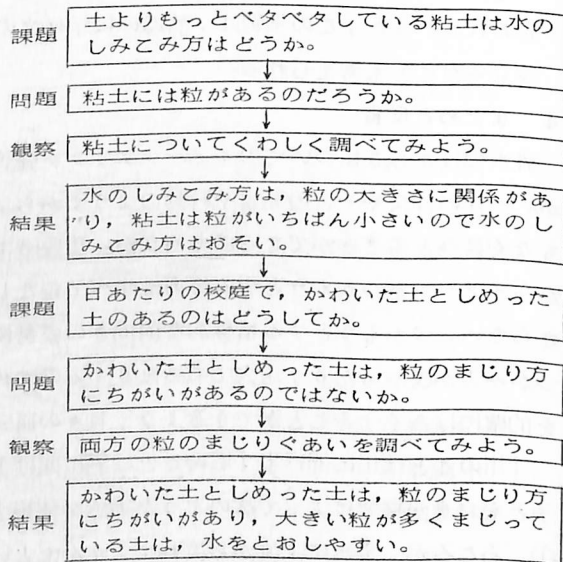
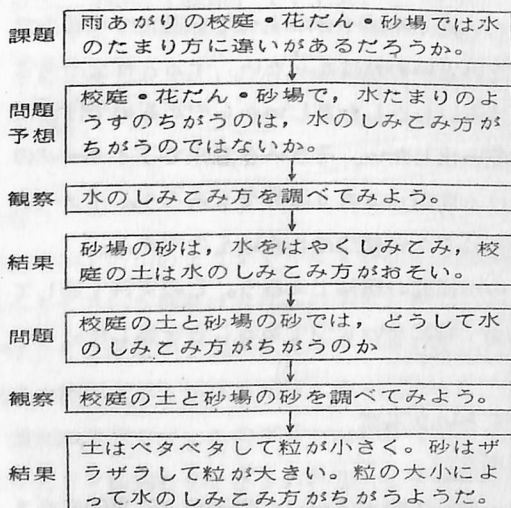
この単元では，雨あがり後の校庭や花だんの土を観察し，土を構成するものとしての砂や粘土を知ったり，これらの沈積のしかたや，透水性のちがい，すなわち水との関係で土の性質を明らかにしようとするものである。

花だんの土，校庭の土などを分析的に見ていく中で，粒の大小を感覚的な手ざわりから，虫めがねの観察によって，空間的な粒の大きさへ見方を伸ばし，さらに水を持ち込むことによって沈んでくる粒の大小と順序をとらえさせる。このことから，定性的，定量的なものの見方，考え方を育てることができよう。また，水に沈んでくる大きい粒から小さい粒への順序は連続的であるが，このことは，土の成因を考える足場にもなると思われる。つまり粒の空間的な対比から，時間的な見方，考え方を育てることが可能である。

(2) 指導計画

第1次	土の観察	2時間
第2次	砂と粘土	2時間
第3次	砂と粘土の水のしみこみ方・かわき方	2時間 (本時 1/2時間)

(3) 展開の概略



(4) 本時の位置

すでに学習は進み、本時は、第3次、砂と粘土の水のしみこみ方・かわき方の学習第1時間目である。雨あがりの校庭で、水のかわき方の違いを観察させ、そのわけを考えさせるとき、砂の多い土は、粒のすき間が大きいので水が通りやすい。粘土は粒が小さくすき間が小さいので水が通りにくいという、水の通り方の違いの原因を粒と粒のすき間で考えたことから、まずしめった土、かわいた土の観察を通して粒の大小とその量に着目させ、これまで分析調査したことをもとに総合的に考察させる場である。

すなわち、今までの学習や生活経験をもとにして、現象を同じ観点から分析し、共通点・差異点に気づかせようとするものである。

- ① ねらい 日あたりの校庭でも、かわいた土としめった土のあるのはどうしてかを考えさせ、それは土を構成する粒の大小とその量に関係のあることに気づかせる。

② 展開

問題解決過程	教師のはたらきかけ	学 習 活 動	評 価 基 準	備 考
課 題	○ 日あたりの土でもかわいた土としめった土があるのはどうしてか。	○ かわいた土としめった土ができるわけを話し合う。	○ 粒のようすを観察することに着目したか。	○ スライド
観 察	○ かわいた土としめった土について粒を調べてみよう。	○ それぞれの土についてルーペで粒を観察する。	○ ふたつの土の比較観察から粒の大小とそれの含まれ具合に関係があることに気づいたか。	○ かわいた土 ○ しめった土
問 題 予 想	○ かわいた土としめった土のちがいはないだろうか。	○ いろいろな粒があることから、粒の大小だけでなく、粒のまじりぐあいがちがうのでないか話し合う。	○ 土の構成要素を比較し、ふたつの土の違いを別な観点からみようとしているか。	
実 験 計 画	○ 土の粒を大きいものと小さいものに分けるにはどうしたらよいでしょう。	○ たしかめの方法について話し合う。	○ 土の粒をふるいわけする方法が考え出せたか。	○ フルイ
実 験	○ 調べてみよう。	○ ふるいを使って粒のふるい別けをする。		
結 果	○ ふるいから落ちた土をもっと分けられないか。	○ 水の中に入れて、さらに分ける。	○ 実験をくふうし、粒のふるいわけができたか。	○ メスシリンダ
	○ 水のしみこみ方は、なにがどのようにまじっているとはやくなるか。	○ 粒のまじり具合で大きな粒が多くまじっている方がはやく水をとおしやすいことを知る。	○ 水のしみこみ方は粒の大小とその量に関係があることをは握できたか。	

2 指導の記録とその考察

前時に雨あがりの校庭を観察させ、本時は、その場面をスライドを通して想起させた。

- T 日あたりの土でもかわいた土としめった土のあるのはどうしてか。
 C かわいているところは土地が高い。
 C 土地が高いとか、低いに関係するようです。
 C かわいている土は粒が大きいのではないか。
 C めれている土は粒が小さい粒だ。
 T 自分の思うことを理科ノートに書いてください。(りかノートより、児童数40名)

粒のようすを観察することに着目したか。	自分	粒	2人
		日なた日かげ	5人
		不明	14人

T 自分の考えがまとまったら、グループで相談してみよう。

(グループの相談がはじまる)

- T どんなふうに話し合いましたか。
 C かわいた土は粒が大きいものが多いのではないですか。
 C めれている土は粒が小さい粘土が多いのだ。
 T それでは、グループで話し合ったことで、自分の考えをまとめてみましょう。理科ノートに書いてください。

友達の考えをとり入れ自分の考えをもったか。	グループ	粒	35人
		日なた日かげ	2人
		不明	3人

<考察>

個々の児童の記録とグループのバズ討議後、さらに記録したものと比較したとき、グループの討議をもとに、次第に予想の大半が粒のようすを観察することに着目してきている。

T 水たまりのあるところの土とかわいた土をとって調べてみよう。

(観察がはじまる)

- T かわいた土はどうですか。
 C 大きな粒がある。
 C 小さな粒もある。
 C しめった土にも大きな粒がある。
 C どちらの土にも、大きな粒も、小さな粒もある。
 C 同じようだ。
 C ちがう、かわいた土には大きな粒がたくさんまじっているようです。
 C そうです。すてしかわいた土には大きな粒が多いようです。

T もう一度よくみてください。
 (みんな手ざわりで、調べはじめる)

- C よくわかりません。
 T どうしたら粒のちがいがわかるかな。
 C 土を大きい粒と小さい粒にわけるとよい。
 T そのほかに。
 (応答なし)

T それでは、それぞれの土を大きい粒、小さい粒にわけてください。

- C わけられない。(みんな困る)
 T どうしたら粒がわけられるかなあ。
 C 一つ一つの粒を数えるとよい。
 C 大変だぞ!
 T まあ、数えてみなさい。
 (互に数えはじめる、みんな真剣)
 C 数えきれません。
 T それでは、もっとよい方法を考えて、理科ノートに書いてください。

予想したことを調べる方法や用具を考え出せたか。	自分	ざるでゆする	1人
		数える	10人
		虫めがね	1人
		不明	28人

<考察>

予想を確かめるための方法になると大変反応がへってくる。これは、教師の親切すぎとか、今までの学習指導が、いつも教師の用意をした方法や用具のおしつけがそうさせたのではないかといわれているが、果してそうだろうか。

- T どんな方法が考えられましたか。
 C ざるでゆすってしらべるとよい。
 T あとは、ありませんか、それではグループのみんなと相談して、また理科ノートに書いてください。

方法や用具について友達の考えをとり入れ、自分の考えをもったか。	グループ	ざるでしらべる	3人
		数える	5人
		虫めがね	2人
		ふるい	1人
		不明	29人

T ようし、それでは、ざるでゆすってみよう。
 先生のざるはこれですよ。

ふるい2個(後述)とかわいた土、しめった土をスプーン2杯等量を与えた。

- T どうでしたか。
 C どうもそのように感じる。
 C やはり大きい粒の多い方が、かわいた土だ。
 C よくわからない。なんともいえない。

<考察>

粒の多少の比較で、授業は座礁にのりあげ、時間がきた。ふるいわけされた大きな粒と小さな粒の多い少いの決定にまた一苦労の場面があった。「こちらが多いでしょう」というと「はい」と反応し、逆に「こちらが多いでしょう」といって薬包紙の上の粒をひろげるとまた「はい」と答えている。すなわち、量の多少を決定する方法で、ここに問題がでてきた。むずかしいのだろうか。

<その後の学習について>

次時では、それぞれの粒の量の測定の方法（後述）を児童に考えさせ、実際の観察の結果に基づいて仮説の検討がなされ、それを受入れてよいかどうかの吟味を行なって学習を終了した。

粒の量の測定方法

ふるいわけされた粒の多少の決定は、指導前では、さほど問題はないと思って指導に入ったものの、案外その決定方法に苦労した。いろいろな測定方法が考えられるが、児童の発言を要約すると、次のようにまとめられる。

- ① 粒をまるめて、まるめた径でみる
- ② 同じ試験管に粒を詰め、高さでみる
- ③ てんびんを用いて、重さでみる
- ④ スプーン何杯分であるかきめる

写真に示したように、今回の学習では、② 同じ試験管に粒を詰め、高さでみる測定方法を試みたが、この方法は、はっきりしており、粒の多少の比較には良い方法であった。



（図一 1）

3 検証方法の発想を阻害している要因について

問題解決過程における評価の基準について、いくつか立ててみたが、実際の指導の結果「予想を確かめる方法」について特に問題点としてあげることができるであろう。「なぜ、予想を確かめる方法になると児童の反応が少なくなるのだろうか。」これに対して、いままでの教師の親切すぎとか、教師の用意した方法や用具のおしつけがそうさせたといわれているが、はたして、これだけの理由だろうか。この面の児童の実態をさぐるために、授業終了後、さらに、無作為抽出による男子4名、女子4名計8名について、口頭での問答法を試みた。以下問答の記録である。

- (1) 「みんなは予想を確かめる方法になると急におはなしができなくなるが、どうしてなのでしょう。」
 - めんどくだ 5人
 - わかって、うまく言えない 1人
 - いままで、そんなこと考えたことがない 2人
- (2) 「めんどくだという人に聞くが、考えることがむずかしいのか、それとも、おもしろくないのか。」
(めんどくだと答えた児童5人について調べた。男2人女3人)
 - 考えることがむずかしい 2人
 - 考えてもおもしろくない 3人

(3) 「理科でいちばんおもしろいのは、予想をたてることか、予想をためす方法を考え出すことか、実験や観察することか、それともまとめることか。」

- 実験や観察すること 7人
- まとめること 1人

(4) 「先生は、みんなたいせつと思うが、みんなはどう思うか。」

- みんなたいせつ 1人
- 実験やまとめがたいせつ 7人

(5) 「どうして、実験やまとめがたいせつなのか。」

- 実験して、まとめさえわかればよいと思う 3人
- テストの問題がほとんどだから 4人

数すくない児童との問答から子どもたちの傾向を判断することは危険ではあるが、一応子どもたちの意識の傾向のあらわれと解釈してよいだろう。上記の問答法から考えられるように、教師は問題解決過程を重要視するものの、児童には、それほど自分のものとして身につけていないようである。結果主義に落ち入り、実験・観察・まとめ、そしてペーパーテストに挑むという児童の姿をみると、挑ましている教師側に反省を求めたい。

問題解決における過程の重要性を学習を通して意識させる手だてが考えられなければならないと思う。例えば、「予想を確かめる方法」について児童の反応があったとき、教師の賞賛が欲しい。そして、それらのことがなんらかの形で、「価値あることを発言したのだ」という意識を持たせる必要もあろう。

観察した事実をもとにして予想をたて、それを確かめるための方法を考え、実験・観察を試み、予想があったときのよこびや、自分自身に対するきびしい反省や点検がなされ、児童が探究の過程が楽しいということを感じたならば、児童は、はりあいを持って次の学習に立ちむかうであろうし、活発さを加え、表面的学習から、内面的な欲求や高まりのある学習へと展開するものと思う。

この計画案は、指導者が学級担任でなかったことや問題解決学習に児童がふなれであったことなどから、時間的な面で若干無理のあったことを反省している。最後に、単元終了後の市販のワークテストや学期末の学力テストでは「土」の評価成績が他の単元に比較して大変よかったと、学級担任から報告があったのでつけ加えておきたい。

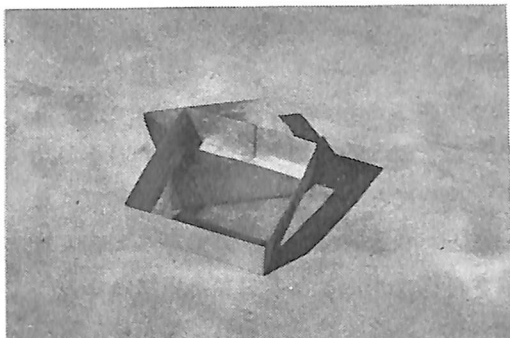
4 学習指導に試みた自作教具の紹介

(1) 自作ふるいの活用と紹介

学習中に児童が「あみでこせばよい」とか、「ざるでふるう」という発言をしているが、これはふるいの必要性に着目していることをあらわしている。

今回の指導では、このような児童の発想を想定して、前もって、児童の使いやすいものをという意図でふるいを作製した。

写真に示したふるいが教師作製の自作ふるいであり、本時の学習に活用した。



(図-2)

10×10×4cm

金あみ 2種類 0.1cm
0.05cm

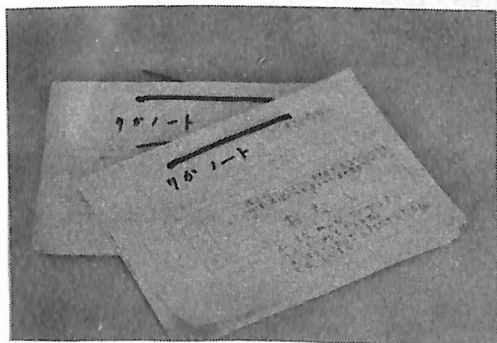
枠はブリキ板を使用し、市販されている金あみ2種類をそれぞれはんだづけした簡易なふるいである。

(2) 記録用紙による方法のくふうと改善

記録用紙による方法は、表を作り、簡単な記述をさせることによって思考の様態や傾向をさぐることができる。しかし、記録されたものが教師に提出され、調査、研究のために、その記録が長時間児童の手に渡らないことがある。そこで、その欠点を補う方法として、コピーノートを紹介する。

このノートは、長岡市立四郎丸小学校ですでに使用されているもので、2枚ひと組で使い、1枚は教師に提出し、残りの1枚は児童のノートとなる。

写真は、コピーノートを使う以前の教師作成の記録用紙であるが、今後、これらのノートの活用が記録用紙による方法の欠点を除去してくれるものと思われる。



(図-3)

地層教材における「観察」について

児童が感覚をとおして、自然の事物や現象からとらえられた情報は、児童のもつ経験に照合されて、類似点、差異のある点が并別され、児童の知識や論理体系で解釈できないようなことに行き当たったときにそれが問題として浮き彫りにされる。したがって児童がもっている経験の内容、経験の与えられ方による印象のされ方によって、問題のとらえ方がちがってくると考えられる。

マスメディアの発達で児童の経験が均質化してきているとはいっても、遊び、仕事などをとおしてたえず自然に接している山間部児童の経験は、人工物に囲まれた都市部の児童のそれとは必然的に違った点があるし、問題発見の際にも特有な傾向が生ずるのは、当然のことであろう。

指導するものとしては、この点をしっかりふまえて児童を見ないと、主体的な学習をさせることは困難であろう。

1 観察をおこなった露頭

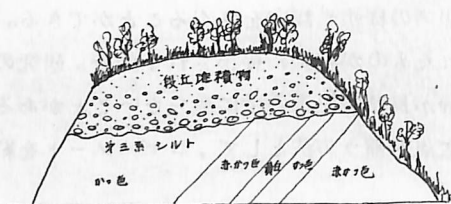
問題把握の過程の考察に当たって、児童が素材をどのように見て、これからどのような情報をつかみ出すか、情報のつかみ出し方に特有な傾向はないか。得られた情報をどのように総合し、構成するか。総

合のし方に問題はないか。総合観察から問題を発見するとき問題となる点はないか。以上のような点を取りあげてみた。

地層については、児童の中には水のはたらきでできたということを概念的に知っている者もいるが、実証をふまえたものではない。露頭は学校付近にも数多くあり、児童にとってはめずらしい対象ではない。しかしこれらの露頭についての観察はただがけになっているという程度のとらえ方でどんな物で構成されているかどんなになっているか等の質問に対しても経験を再構成することのできる者はいない。

観察に用いた露頭は、川からの比高約70mの段丘崖に新設された道路に沿ってあり、傾斜した第三系シルトの上に不整合を介してレキ、砂によって構成される段丘堆積物がのっている。

指導の筋書きとして、段丘堆積物の中に含まれる円レキに注目させ、地盤の運動を理解させ、第三系の観察からその堆積環境を考えさせて地層のでき方を理解させることをねらった。



観察に用いた露頭から得られた情報をまとめると次のようになる(左図参照)。

- ・いちばん上は黒い土だ。
 - ・上は石や砂やねん土などがまじりあっている。
 - ・上にはいっている石は、いろいろな種類だ。
 - ・上にはいっている石は、みな角がとれてまろい。
 - ・上の石の中には、手でさわるとくずれるのがある。
 - ・上は手でくずせるくらいのかたさだ。
- ・下はみんな同じくらいの大きさの粒でできている。
 - ・下は右の方に色のちがうところがある。
 - ・下は手でくずせないくらいの固さだ。
 - ・下は小さなかたまりになってくずれる。
 - ・上と下のさかい目は、まっすぐでなく、でこぼこしている。
 - ・さかいめはおよそ水平である。
 - ・さかいめのすぐ上に大きな石が多い。

2 露頭のスケッチからうかがえる観察の傾向

露頭のスケッチより、児童の観察がどのようにおこなわれたか、その傾向を考察すると次のようなことがいえる。

- (1) 不整合面と、その上下における堆積物の粒の差異については、大部分の児童が記載しているが固さについての記載をした者が少ない。
- (2) レキについての記載は、大部分がしているが、その形、大きさについて記載した者が少ない。
- (3) 第三系層については色、および粒について記載しているが、しまり具合を見おとしている者がいた。
- (4) 段丘レキの風化について記載した者がなかった。
- (5) 不整合面をまっすぐな線でスケッチしている者が $\frac{1}{3}$ ほどいた。

事物をありのままに見るという点から考えて、問題発見の前提となる観察に、上記のような見落としがたくさんあるということは、解明を要することである。

観察記録に記載しないということは、児童が観察の過程でどのような刺激に対してどのような受けとり方をしているのか、いろいろな場面を考えてみる必要があるが、だいたい次のような原因によることが考えられる。

3 記載しなかった原因

(1) 情報のとらえ方が受動的な方法にのみ終始して、能動的なとらえ方をしなかった場合、視点が限定され、対象から得られる情報の量が少なくなる。視覚的なとらえ方は、情報を得るとき大きな役割りをはたすが、これにのみたよると能動的な観察が行なわれない、手でふれ、力を加え、動かしてみ、皮ふ感、音、変化等の情報を行動を通してとらえる経験がじゅうぶんつまれていないと、たいせつな情報を見のがすことが多い。

(2) 感覚ではとらえられているが、意識化された情報としてとらえられていない場合、次のようなことが考えられる。

i) 観察事項に対する経験に乏しい場合、刺激を受けても、これに対応する経験がないと、感覚されていても情報としてとらえられないことがある。

ii) 観察事項に対する経験が日常ありふれたものである場合、刺激を受けても、なれ、日常性の中に埋没させられてしまって情報としてとり上げられないことがある。

iii) 観察された事項が、前項と反対に日常の経験とうまく合致しない場合、これを疑問に発展することなく淘汰してしまって、記載しないことがある。

iv) 観察の対象の一部に、強く経験にうったえる部分があるとき、その部分の観察にのみとらわれてそれ以外の部分は概括的にとらえ、くわしい情報を積極的に得ようとしなかった場合がある。

(3) 2の(1)について考えると、露頭にとりついて観察していても、固さについての情報をとらえていないということの原因のひとつに、露頭にふれこれにあなをあけたり、くずしたりする経験が遊びの中で日常的なものとなっているため、手ざわりから来る感覚を情報としてうかび上がらせなかったのであろうと考えられる。また、固さをくらべる時の対象どうしの空間的なへだたりにもその原因がある。小さな物で同時にさわられるような観察対象のときは、固さの比較が視点として浮び上がりやすいが、大きな観察対象の場合は、部分での観察が主となるため、視覚的にとらえられるもの以外は、比較の対象として浮び上りにくい傾向がある。

2の(2)については、児童の日常経験の中にあるいわゆる石に関する概念が円磨したものであるため、意識化しにくく、これに関する記載を省いたものが多いことと、その上近辺の露頭でふだん段丘レキが見られ、これに接しているため、形状についての情報を日常性の中に埋没した者が多いことが考えられる。3年川原の石、4年川のはたらきで学習した円レキに対する経験が、日常の経験に覆いかくされて角がまるいということを特に意識させる力を失っていたものと考えられる。また、前学年までの学習経験の定着が不完全な場合は特にこの傾向が強くなる。

2の(3)については、露頭が大きいと、部分的に興味をひかれたため全体からの情報をまとめる段階で見落した者である。

2の(4)については、(2)と同様に日常経験から石の固さについての情報を求めようとしなかったものと考えられる。

このような傾向は、この教材だけでなく、身近に豊富にある植物教材などについてもいわれる。児童が日常生活の中でいつも目にふれ、手でふれているような事象については、その日常性の故に見過ごされてしまうことが多い。事物、現象をありのまま見させるためには、児童の観察能力のもとになる経験についてじゅう分解明しておく必要がある。

4 ま と め

以上山間部の児童の問題把握に関する能力の不足を、児童の経験の面からとりあげてみた、これだけがすべてではないと考えられるが、日常の経験の獲得のし方が児童の観察能力に及ぼす影響は大きい。

特に自然に対して直接依存する度合が急激に低下している現在、事物の観察に関する基礎的な経験の形成される幼児期から低学年にかけて、山間地の児童は自然から多量であり且つ多様な刺激をランダムに与えられて成長する。その結果、児童の経験は、単に自然からの刺激に対してこれを受容する作用だけを示し、類似の経験と照合してこれを問題に発展させる機縁としては働きにくくなっている。

このような条件のもとでの指導に当っては、特に対象からの情報を、日常性のフィルターを通さずすべてとらえる態度の育成と、能動的な観察を行なえる能力を身につけさせることがたいせつである。

川の観察と流量や水が運搬する土砂量の測定についての指導と評価

1 ね ら い

川のはたらきを理解するには非常に長い時間や広い空間、巨大なエネルギーといった基本的な概念を具体的に把握する必要がある。その方法のひとつに川の観察と流量や水が運搬する土砂量の測定が考えられる。ここでは次の観点から生徒の学習活動の実態を述べて、探究の科学におけるひとつの指導の資料を提供したいと考えている。

- (1) 川の観察によってどんなことに気がつき、関心をもつようになったか。
- (2) 川の流量や水が運搬する土砂量を測定するのにどんな方法を考えたか。またこれらの量を測定することができたか。
- (3) 以上の資料によって川のはたらきを非常に長い時間や広い空間、巨大なエネルギーといった基本的な概念と結びつけて考えることができるようになったか、どうか。

また生徒の学習活動の実態については第1学年から男子6名、女子4名合計10名の生徒を抽出し、そのノートの記録を中心にして述べることにする(表-1)。

表-1

抽出生徒	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
知能偏差値	68	66	60	60	56	54	49	48	45	42
性 別	女	男	男	女	男	女	男	男	男	女

2 川の観察と流量や水が運搬する土砂量の測定についての指導と評価

学 習 課 題	学 習 活 動 の 記 録 (生徒のノートから)
(1)川を観察し、気づいたことをノートに記録する。	<p>C 川は曲りくねっている。普通の日にくらべて水の量が多い。泥がまじっている。そのために川の中のもののは浅いところでは見えるが、深いところでは見えない。</p> <p>D 流れが急。水はにごっており水の中は10~20cm位しか見えない、水の中に点点とした小さな粒がまじっている。川幅が広く、川のカーブは急である。</p>

川の水は真ん中で盛り上って見える。障害物のあるところではうずができて
る。土手の土は川の流れてどんどんけずられていく。

E 川は曲りかどにくると川幅が広がる。水の流れが速い。橋脚に水がぶつか
ると両側にわかれたり、うずができたりする。水を手にとってみたら下に茶色
の粒がたまっていた。ごみの流れているところは兩岸に近いところである。

I 川の流れが速い、とくに川の中央がそうだ。四季によって水の量が違うよう
だ。川は曲っており、川幅もところによって違う。川の水がにごっている。ご
みがいっぱい流れている。

生徒はこの観察で次のことがらに気づいている（表一2）。

表一2

観点	流れの速 さ	水量の多 少	川水のに ごり	川が曲りくね っていること	川幅のち がいはい
人数	9	4	9	8	3

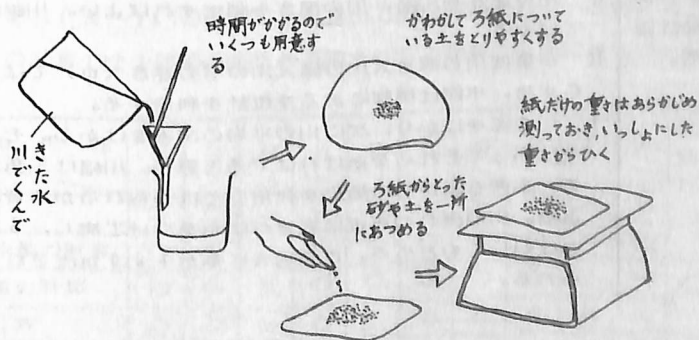
これらの観点は川のはたらきを理解するうえにたいせつな、基本的なことがらであると考え
る。ここではほとんどの生徒は川の水がにごっていることから、水は土砂を運んでいることを確認して
いる。しかし流速に気がついていてもそれを流量や運搬される土砂の粒の大きさと関係づけて考えたり
時間の経過にともなって運搬される莫大な水量や土砂量を想像する生徒はいなかった。

（この観察は11月11日、白根市中、口川白根橋付近でおこなったものである。川の観察には、
雨降りの止んだ翌日ころがよい。水はにごり、水量は増している。）

- (2) 川の水が運搬する土砂量を求めるにはどうしたらよいか、考える。
- A 川の水の体積を知ってから、決めた量の川の水の中にふくまれている土砂量をはかり、川の水の体積を決めた量でわったものにかける。
 - D 下流の川底にある期間たまった土の量を調べてみる。
 - E あるきまった水量にふくまれる土や砂の量をはかる。
 - G 水の量をだす。次に水が川岸の土をけずった量をだして川が運搬する土砂量を求める。

ここでは (ア) A のように土砂量の測定について見通しがたてられた者4名、(イ) D のような考えで測定しようとした者2名、(ウ) E・G のように測定方法の一部分について考えをだした者4名となっている。したがって大部分の生徒は土砂量の測定についてはなんらかの手がかりを考えだしていることがわかる。

- (3) 一定量の川の水にふくまれている土砂量を測定するにはどうしたらよいかを考え、実験計画をたてる。
- A 一定量の水をろ過し、ろ紙を乾燥させてそのろ紙についた砂や土の重さをはかる（図一1）。



（図一1）水をろ過して土や砂の重さをはかる

C 川のいろいろなところから 1 ℓ の水をとリ、蒸発させて残った土や砂の量をはかればよい (図-2)。

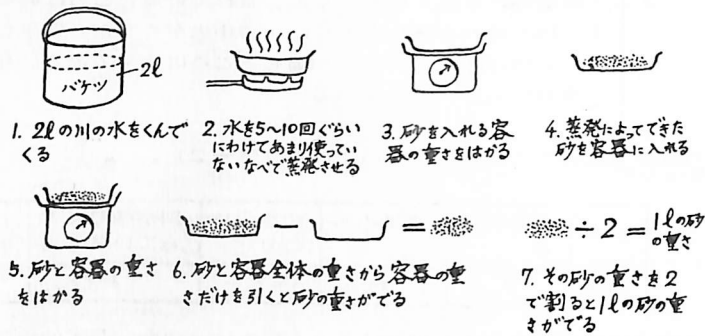


図-2 水を蒸発させて土や砂の重さをはかる

F 一定量の川の水の重さから、それと同じ体積の水道水の重さをひけばでてくる。

J 1 ℓ の水を汲んできてその中にふくまれている粒を数える。

生徒の考えた方法は (ア)水をろ過することによって測定しようとする者2名、(イ)水の蒸発によって測定しようとした者3名で、他の生徒はFを除いては具体的な実験計画をたてることはできなかった。討論のときにはCの水を蒸発させる方法は時間がかかることやわずかな土砂量の測定は困難であること、Fの方法では土や砂の量をはかれないことが指摘された。またCは川の水にふくまれている土砂量は水の採取する場所によってちがうのではないか、ということからいろいろな所の水を採取してその中にふくまれている土砂量の平均をだすべきであると発言した。しかしこの川のいろいろな所から水を採取することは川幅や水深、流速などから考えて危険なことである。ここでは川岸近くの水を採取し、その中にふくまれる土砂量を測定することにした。

(4) 1秒間に流れる水量を求めるにはどうしたらよいのかその実験計画をたてる。

B 水量は川幅と深さ、1秒間に流れる長さで計算する。水深はつり糸におもりをつけてはかる。また川の流れの速さをはかるには兩岸へ適当な間隔をおいて2本のひもをはり、その間をうき板が通過する時間をはかってもとめる。

C 川の速さや川幅、川の深さを測定すればよい。川幅は橋の上で巻尺をつかってはかる。

E 水量は川の深さ×川の幅×川の水の速さ(m)ではかられる。川幅は地図から求め、水深は橋脚にある水位計を利用する。

I 川の幅をはかり、次に川の平均の深さをはかる。そして1秒間に流れる速さをはかってそれらをかければでると思う。川幅は三角形の縮尺を利用してはかる。水深も三角形の縮尺を利用してはかられるが、音波測量機があれば簡単である。川の流れの速さは板きれに糸をつけて流し、5秒間に流される糸の長さをはかってもとめる。この場合に糸が100m流される時間をはかっても求められる。

ここでは8人の生徒がこの記録にあるように直方体の体積を求めるのと同じ方法で、流量を求めている。しかし具体的に川幅や水深、流速を求める実験計画をたてた者は5人であった。討論のと

きに平均流速や平均水深の求め方が問題となった。水面の流速はうき板を流すことによって求められるが、水底近くの流速はどうして求めるかということであった。けっきょくここでは生徒に文献を与え、川の平均流速は水面の平均流速を0.9倍することによって求めることにした。またこの場合の水面の流速は两岸に30mの間隔をとり、向かい合った2点を長さ2mほどの棒で見通して、その間をうき板が通過する時間をはかって求めることになった。平均水深はこの川の規模からして求めることは危険なので、橋脚にある水位計の水深をもってあてることとした。

(5) 川の流量と1ℓの川水にふくまれている土砂量を測定し、川が1秒間に運ぶ土砂量を算出する。

実験・測定のデータ（このデータは11月14日、白根市中ノ口川白根橋付近で実験・測定したものである。）
(ア)平均流速を求める（表一三）

測定場所	測定距離	うき板が流れるのに要した時間
川の西岸から8m離れた所	30m	24秒
川のほぼ中央	30m	18秒
川の東岸から8m離れた所	30m	21秒
計	90m a	63秒 b
水面の平均流速 (a/b)		14m/秒 c
平均流速 (0.9×C)		13m/秒 d

(イ)川の流量を求める（表一四）

水深	2.8m e
川幅	5.8m f
平均流速	1.3m/秒 d
流量 (e×f×d)	210m ³ /秒 g

(ロ)川が1秒間に運ぶ土砂量を求める（表一六）

川の流量	210m ³ /秒 g
1ℓ中の土砂量	0.14g/ℓ ¹
1.を1m ³ 中の土砂量に換算する	140g/m ³ n
川が1秒間に運ぶ土砂量 (g×n)	29Kg/秒

(ウ)川の水1ℓ中の土砂量を求める（表一五）

採取した水量	4.9h
乾燥ろ紙の重さ	10.4i
川の水をろ過したあとの乾燥ろ紙の重さ	11.1j
hの中にふくまれている土砂量 (j-i)	0.7k
川の水1ℓ中の土砂量 (k/h)	0.14l

(6) 川が1年間に運ぶ水量と土砂量を計算する。

(ニ)1年間の流量
 $210\text{m}^3 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = \text{約} 66 \text{億 t} \text{ (} 66 \text{億 m}^3 \text{)}$
(イ)1年間に運搬される土砂量
 $29\text{Kg} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = \text{約} 91 \text{万 t}$

計算の成績は次の通りである（表一七○印正答、△印算出方法は理解されているが計算をまちがえている。×印誤答）。この計算では1年間の流量や運搬される土砂量の計算にまちがいが多かった（表一七）

項目	抽出生徒	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	正答者の合計
平均流速の計算		○	○	○	○	×	○	×	○	×	×	6
1ℓ中にふくまれる土砂量の計算		○	○	×	○	○	○	○	○	△	△	7
川が1秒間に運ぶ土砂量の計算		○	○	×	○	○	○	○	○	△	○	8
1年間に流れる水量の計算		○	○	○	△	○	△	△	△	△	△	4
1年間に運搬される土砂量の計算		○	△	○	○	△	△	○	△	△	×	4

た。これは大きな実数をそのまま用いて計算したためと考えられる。したがってここでは測定値や有効数字の取扱いについての指導が重要であることを感じた。この学習中に A は「1 秒間、つまりほんの一瞬に水量が 2 1 t、土砂量 2 9 Kg が流されるなんて、信じられないことだ。」と述べているが、このような新しい発見に対する感動的なおどろきは他の生徒も同様であったように思われる。

(旧信濃川関屋分水調査報告書、1 9 6 0 県土木部河川課編によれば、信濃川の年間総出流量は約 2 0 0 億 m³ で内訳は新信濃川 1 0 0 億 m³、旧信濃川河口 1 0 0 億 m³、また年間流出土砂量は約 1 2 0 0 万 t で内訳は新信濃川 9 0 0 万 t、旧信濃川河口 3 0 0 万 t となっている。)

- | | |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(7) 1 年間の流量や運搬される土砂量を具体的に理解する方法を考える。</p> | <p>A 土砂量 9 1 万 t は 1 0 t 積みトラック 9.1 万台にあたる。このトラック 1 台の長さから、9.1 万台を 1 列にならべたときの距離をだしてみる (1 台の長さを 1 0 m とすると 9 1 0 Km になる)。</p> <p>B 6 6 億 m³ は 1 0 0 m 平方の場所では高さがなん m になるか計算してみる (660 Km)。</p> <p>D 1 年間の流量を家庭で使う 1 年間の平均水量と比較してみる。</p> <p>I 9 1 万 t は世界最大のタンカー出光丸で運ぶと 4.5 回分になる。</p> |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

A B D I は大きな数量を具体的な事物を基準にして比較することを試みている。このことはスケールの大きな時間や空間、エネルギーといった基本的概念を具体的に理解するうえに非常にたいせつなことであると考えられる。他の 6 人の生徒は大きな数量を具体的に把握する手がかりを考えだすことはできなかった。

- | | |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(8) いままでの学習から川のはたらきについてどんなことが推論されるか、ノートにまとめる。</p> | <p>A 1 年間に 9 1 万 t もの土砂を運ぶのだから、上流では山がけすられ低くなっているのではないか。年間 6 6 億 t もの水はいったいどうなるのだろう。海にでて蒸発し、雲になってから雨になっておりてきて、また川によって流され、海にでる。そしてまた水蒸気になる一ずっとそのくり返しだろうか？</p> <p>C この川より大きな信濃川や阿賀野川はもっとたくさんの水や土砂を運んでいると思われる。これらの水はいったいどこから流れてくるのだろうか。またこれらの土砂はどんどんたまとどうなるのだろうか。白根もそういう土砂によってできたのではないか。</p> <p>D 1 年間に 9 1 万 t もの土砂が運ばれるために水面はだんだん高くなる。そのために白根では水面が地面より高くなったのではないだろうか。</p> <p>E 6 6 億 t という水が運ばれるのだからその力は大変な力だ。また 9 1 万 t の土砂はいったいどこへいくのだろうか。新潟県にはこの川より大きな川はたくさんあるがこれらの川は想像もつかない程たくさんの土や砂を運んでいるに違いない。</p> <p>G 1 年間に 9 1 万 t もの土砂を運ぶとすると 1 0 0 年ではどのくらいの量になるのか不安だ。これらの土砂はどこから運ばれてくるのだろうか。</p> <p>I 小さな川がこんなにもたくさんの土砂や水を運ぶとは思わなかった。これでは新潟港に船が出入りできなくなるのも無理はないと思う。しかし 1 年間に 9 1 万 t もの土や砂はどこからくるのだろうか。それをこれから研究したい。</p> <p>J 大水や台風のとくに運ばれる土や砂はわたしたちが観察したときよりもずっと多い。わたしたちは同じ場所で観察し調べているが、上流や中流ではどうなっているのか観察してみたい。</p> |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

この記録の中で生徒は川のはたらきから地形の変化や水の循環についてかなり具体的な推論をしていること、また川のはたらきを大きな川や広い地域にわたってダイナミックにとらえようとしていることなどがうかがえる。これらのことは川のはたらきを理解するうえに非常に重要な考え方であるが、このような考え方は生徒が川の流量や水の運搬する土砂量を実際に測定し、その莫大な量を実感としてとらえることができたために生じたものと思われる。ここでたいせつなことは莫大な川の流量や土砂量を長い時間にわたる川のはたらきの結果としてとらえ、またこのような川のはた

らきを大変な力、巨大なエネルギーとしてとらえようとしているということである。これらのことはGやEの記録からもうかがえる。このように川が運搬する莫大な水量や土砂量は時間や空間、エネルギーといった基本的な概念から理解することによって、はじめて広い地域にわたる地形の変化や水の循環についての具体的な推論が可能になったものと思われる。

3 ま と め

この指導では川の水がにどっていることから、川は土砂を運搬していることを観察した。そして川の流量や水が運搬する土砂量を測定し、その莫大な量を具体的に生徒に実感としてとらえさせてきた。これらのことは長い時間や広い空間、巨大なエネルギーといった基本的な概念を理解するうえで、また地表の変化や水の循環といった地学的事象を具体的に推論する場合に有効な手がかりになったと考えている。非常に長い時間や広い空間、巨大なエネルギーといった基本的な概念は教えられるものではなくてそれは生徒自身が自然から感じとり、学びとるものであると思っている。そのためにはこのような生徒の直接経験から感覚にうたえて、自然の事象にアプローチしていくことがたいせつであると考えている。

川のはたらきを理解するにはここで得られた地表の変化や水の循環についての具体的な推論をもとにして、さらに拡大された非常に長い時間や広い空間、巨大なエネルギーといった基本的な概念を具体的に把握する必要がある。そのためには資料を利用して指導することも重要な方法のひとつであると考えている。これについてはその1例を昨年発表した（研究集録第2集理科研究編1，1969県立教育センター，P. 142～147 信濃川の資料を利用した川のはたらきの指導）。

またこの指導では抽出された10人の生徒はそれぞれの能力をじゅうぶんに生かして学習していたように思われる。知能偏差値の低い生徒のアイデアや着想にもすばらしいものがあつた。しかし、たとえば川の流量や水が運搬する土砂量を計算することができなくては、川のはたらきを理解することは困難であると思われる。そういう意味において、探究の科学でも基礎的な知識や技能の指導はじゅうぶんになされなければならないと考えている。

傾斜不整合（魚沼層と段丘堆積物）の露頭観察指導の評価について

1 指導主眼と評価の観点

信濃川流域に点在している河岸段丘崖（露頭）は、小千谷付近において特にその発達が顕著であり、地質学的にはもちろん、探究の過程を重視し生きた地学教育を展開していくうえにおいても、貴重な地域素材のひとつであるといえる。現在、露頭で見られる地質構造は、広大な空間と地質学的年代とを媒体とした地殻変動・流水作用などによって形成・変容された所産であり、その地質構造を究明することは地史を編むうえからはもちろんのこと、探究の科学の一対象として、現事象から過去を類推していく能力を養うためにも貴重な具象物であるといえることができる。したがって、その露頭を「探究の場」という視点でとらえ、地層の重なり方・組成・変化の態様などを読みとることによって、その地層がかつてどのような堆積環境にあり、また、堆積後いかなる作用を受けて今日におよんだかを資料をもとに類推させることは、歴史科学としての地学教育の面から考えて、ひじょうに重要な指導内容のひとつであ

るといえよう。探究としての科学の立場を貫くためには、種々の要素を挙げることができるが、ここでは特に地学的事象における歴史性を重視し、現在の事象から過去の変遷を探究するための方法や考え方を養うとともに、地史の概念を育成することを直接の指導主眼においた。

なお、探究の過程を重視した地学教育の展開を図る以上、その目的に合致した評価のあり方の問題を放置したままでは、その実現は期待できない。これからの評価は、従来の指導形態のもとでおこなわれてきた評価とは、必然的にその視点・内容・方法等が異なるものになろう。すなわち、単なる獲得した知識量・表面的な理解度といった皮相的・観念的な評価から脱皮して「自然から学びとろうとする能力、つまり探究的能力の変容の高まりの程度」を価値判断する評価の観点が主眼でなければならない。なお、そのとき留意すべきことは、変容の前後での比較評価だけに止まることなく、生徒のひとり、ひとりがいかなる認識経路をたどってどのように変容していったかという「変容の過程」をこそ重視した評価でありたいということである。そのためには、評価の観点とともに評価基準やその手だてが明確にうちだされていることが肝要である。その意味から、ここでは、露頭の観察指導を通して、探究的観察能力および類推力の高まりを主軸にして指導を展開するとともに、その評価のあり方について実践を試みた。

以下、傾斜不整合の露頭観察指導における評価の一例について、生徒の露頭観察スケッチならびに、地層形成過程の類推の記述文を中心に、その概要を報告する。

2 指導記録とその考察

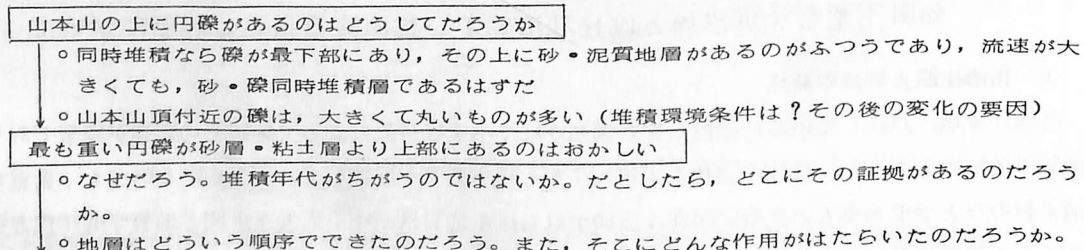
(1) 指導のねらい

上述したとおり、歴史科学的なものの見方・探究の方法を育成するための一ステップとして、次の3点を直接の指導のねらいとした。

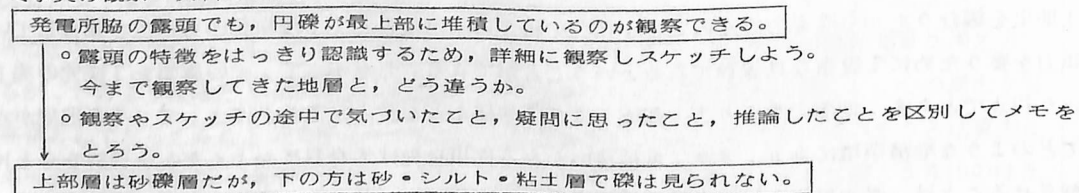
- 傾斜不整合の露頭を観察・探究させることにより、地質構造の特徴・形成順序を明らかにする。
- その地質構造の背景となった諸作用、すなわち堆積・浸食・風化・地盤隆起・沈降・傾動などがその地層形成過程のどこに、どのようにはたらいたかを類推する。
- 地層の構成物質・形成過程・順序等から、その地層の堆積環境条件について考察する。

(2) 指導のあらすじ（生徒の認識過程）

<問題提起・認識の段階>



<事実の観察・資料の収集>



↓ ○やはり、堆積年代がちがうようだ。どこかに証拠はないだろうか。

下の地層と上部砂礫層とは、はっきり区別できる。

↓ ○境界線（不整合面）があり、その線は直線ではなく凹凸がある。成因はなんだろうか。

↓ ○やはり堆積年代がちがうといえる。

下部層は右（北）へ傾斜している

↓ ○傾斜層は傾斜しながらも互いに平行である。（はたらいた営力・その規模は？）

↓ ○傾斜層の上部は砂・粘土の互層になっている部分がみられる。（流量・流速、堆積環境条件は？）

粘土層の上面にそって掘ってみると、水平でなく西側にいくに従って落ちこんでいる。

↓ ○南東から北西に傾斜している地層だ。（傾斜の度あい、地層の連続性、営力の巨大大さ）

傾斜層のうち、下の粘土層は上の互層部分よりはるかに層厚が大きい

↓ ○堆積環境条件がちがうはずだ。どう推論できるだろうか。

（ 中 略 ）

＜本質化・まとめの段階＞

今までの資料をもとに、この地層構造の形成順序と、それぞれの過程ではたらいた作用を関連づけて推論しよう。

↓ ○今までの観察記録から、この地質構造の形成順序を考えるとときいくつの段階に分け、どこまでをそれぞれの範囲としたらよいか。また、呼称はどうつけたらよいだろうか。

↓ ○形成順序と、その過程ではたらいた諸作用との関係を資料をもとに組みたててみよう。

↓ ○組みたてられた論理に矛盾や飛躍がないか。

↓ ○あるとしたら今までに収集した資料だけで修正が可能か。また、どんな資料が必要か。

収集した資料から、次のように推論することもできる。

↓ ○傾斜不整合面の形成順序（過程）と、そこにはたらいた諸作用および根拠・理由

- 1 基盤粘土層の堆積（流水による堆積作用）最下部層であり、おだやかな流水作用が長年月続いただろう。
- 2 砂・シルト互層の堆積（流水による堆積作用の繰返し）互層であることから同時堆積でない。
- 3 基盤上部のシルト層の堆積（流水による堆積作用）この時も比較的流速は小さかっただろう。
- 4 土地の隆起（地殻変動）北西部に向っての傾斜層であり、上部シルト層以下の地層はすべて平行に傾斜している。
- 5 不整合面の形成（風化・侵食作用）はげしい凹凸面がある。ひき続いての堆積ならこの不整合面はできないだろう。
- 6 土地の沈降・海進（地殻・海水準変動）現在の信濃川から約70mの比高がある。）

（ 以 下 略 ）

(3) 評価観点例と生徒の実態

当然のことながら、学習指導は、評価がそれぞれの指導過程の中に位置づけられ、実践されてこそ、その改善が期待できる。ここにおける露頭観察スケッチおよび記述文の評価観点も、その時点ごとに生徒が事象をどう認識するようになったかを中心にみた。具体的には、段丘礫層・基盤傾斜層・不整合面等々、個々の探究的観察能力ならびに、それらの相互関連的なものの見方・類推の深まりの程度をそれぞれの段階ごとに評価観点を設定して実施した。一例を挙げれば、

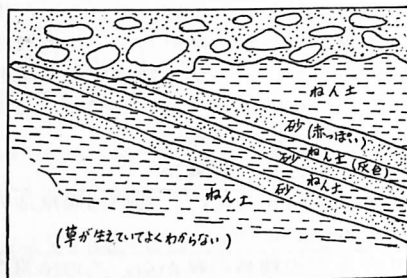
(a) 露頭観察スケッチから（傾斜不整合面の認識程度・基盤の観察能力）

- i) 傾斜不整合関係にある地質構造をほとんど意識していないと思われる記録である。
- ii) 傾斜不整合面はわずかに意識しているが、細部の観察能力に欠け極度の資料不足がめだつ。
- iii) 傾斜不整合面をはっきり意識した記録であるが、地層形成過程を類推する資料は不十分。
- iv) 詳細な観察記録がなされており、観察目的に合致した資料の収集に努めている。
- v) 上部礫層と、下部基盤層とを区別するのがせいっぱいといった記録である。

- vi) 下部基盤層を、傾斜層として一括してみたり大ざっぱな観察に止まっている。
- vii) 傾斜層を、下部粘土層・互層・上部砂層のうち、部分的には区別して観察する能力はあるが、それ以上の分析がなされていない。
- viii) 基盤の観察にあたっては、上部砂層・砂シルト互層・下部粘土層を明確に区別し、分析的・探究的に詳細な把握がなされている。



(図-1) 観察露頭



(図-2) A生徒の第1回露頭スケッチ

なお、露頭観察は2回にわたって実施した。1回目は、現時点での観察能力の実態を把握する目的であり、その実態に基づいて示唆を与え、再度スケッチさせることによってその変容の高まりを評価したいと考えた。最初の露頭スケッチおよび記述文の大半は、上部砂礫層・下部基盤(傾斜層)は一応区別して観察がなされているが、細部の観察がおろそかにされており、特に不整合面に対する意識のうすい記録および、観察目的以外の事物(雑草など)へ眼を向ける生徒が多く見受けられた。したがって、露頭観察指導はまず、観察目的を明確に把握させたのち、地質構造を始めに究明させ、その特徴に気づかせ、その後地層間の相互関係について示唆を与えてやる必要がある。特に探究的観察能力の高い生徒ほどひとことの示唆で今までの観察力の不足・矛盾等気づいてくれる。そのため、2回目の露頭スケッチや記述文を見ると、一回目とは比較にならないほど正確かつ詳細な観察がなされていることがわかる。言いかえれば、観察能力は訓練により、より高次の段階に昇華させることができるともいえる。ここで、熟考すべきは、1次の観察で高次の能力を発揮した生徒、2次の観察で変容し前者の段階に到達した生徒との相対評価をいかに考えたらよいかということである。変容の程度という視点にたつなら、当然後者の方がより大きく能力の高まりが見られたといえることができる。しかし、前者が後者に比べ、探究的観察能力が劣るとは断定できない。この問題は今後に残された評価に関する課題のひとつであろう。

(b) 形成順序・過程の考察について(記述文から)

地層形成順序および堆積環境・形成過程については、いかなる資料に基づいてどう類推したか、またどんな過程をたどって変容したかを、次の評価観点から考察を試みた。すなわち、イ。目的に合致した資料が収集されているか、ロ。得た資料を活用し論理的・総合的考察がなされているか、ハ。論旨に無理・矛盾が認められないか、ニ。無理や矛盾の指摘を敏感に受けとめ、その修正に努めたか等々を細目とし、次の三項目を柱に評価をおこなった。

◦得られた資料をじゅうぶん活用し、論理的にまとめた考察を加えており、論旨に矛盾が認められ

ない。(探究的観察能力が高まり、多面的・実証的に事実を認識している。)

◦部分的には皮相的考察・飛躍的論旨もみられるが、大すじは把握している。(例えば、地質構造の形成過程と、その時点ではたらいだ諸作用との関連づけなどには問題が残る。)

◦観察能力の乏しさから、論旨が支離滅裂であり、憶測に過ぎない記述である。(探究的観察能力に欠け、事実をもとに推論する能力に乏しい。)

(c) 生徒の実態(1次観察から2次変容への高まり)

◦B生徒の記述文から(地層のでき方の順序——本文のまま)

1. A(基盤下部粘土層)が流水のはたらきによって堆積し、その上にB(砂・シルト互層)がつもった。<B層の方が上にある。B層は互層であり年代がかわっている。>

2. Bの層がよくできてから、左の方が隆起したか右の方が沈降した。<傾斜している層だ。>

3. 2の現象がおきたのち、C層(互層上部の粘土層)が堆積した。

4. C層上面が水の力や風化作用によって不整合面となった。<でこぼこしている。>

5. それから、川の水の強い力によってD層(段丘堆積砂礫層)を堆積させた。<大きな石や小さな石が混って層を作っているから、ここは流れが急だったらしい。>

このB生徒の記述文中、問題と思われる点は、概して観念的な観察であり、地質構造の形成順序とその背景にある諸作用(地球のもつ営力)との関連づけがうすいこと、およびB層の傾動後、C層が堆積したとあるがその根拠が薄弱であり、極めて不自然な推定をくだしていることなどであろう。そのため以上2点を指摘して再度観察・推論を指示したところ、前述したとおり、詳細な資料収集に努めその資料をもとに、実証的・多面的に事実を把握し、論理的にまとめた推論をくだすようになり、その変容の程度は、探究の過程を重視した地学指導の観点からみてもひじょうに大きいことがうなづける。しかし、一方、探究的観察能力の低劣な生徒には徹底した指導・示唆が必要であり、能力の高い生徒との格差がますます拡大することが懸念され、評価の問題と同時にその格差の縮小に資する指導法の研究が急務であると考えられる。

◦記述文にみられる誤謬・疑問・反省点など(気づいたこと・疑問に思ったことの文中より)

・層厚の薄い地層は大きな圧力が加わり、厚い地層ほど圧力が弱かったのだという単純な考察が1・2見受けられた。

・地質構造と直接関係のない、雑草・こけなどに観察の目が異常に注がれやすい。

・わたしたちの調べた露頭から信濃川まで層理が続いているのだろうか、穴をほってもぐって調べてきたい。

・傾斜層ができるまで地盤変動は何年くらい続いたのだろうか。地震みたいに瞬間的なものだったのだろうか、それとも目に見えないくらいだんだん傾いていったのだろうか、調べる方法はないのだろうか。

・その他

以上の記述文に見られるような、いわゆる探究的観察能力・態度の形成に対する評価のあり方についても、今後の研究にまたねばならず、これらの明確かつ客観的な評価の在り方こそ今後の地学指導の成否を決定づける重要な要素であるといえないだろうか。

探究の過程を重視した地学指導の評価のあり方について、ささやかな実践記録を中心に、その概要を述べたわけであるが、実践の蓄積が少なく、いきおい課題提示に止まったきらいのあることを反省している。しかし、前述したとおりこの評価の問題を解決せずして探究の科学としての地学教育の発展は望み得ない。今後も実践を通しそのあり方の究明に努力したいものであると考えている。

この、傾斜不整合の関係にある地層観察指導においては、概して傾斜層にあっては、地殻変動のおこったことは類推できるが、一方の隆起か、他方の沈降かに疑問をもつ生徒が多く、また、不整合面に関しては、地球表面が過去数回、気候寒暖のくりかえしのあったことと、氷河期には海水準変動によるレベルの低下で浸食作用が活発になることを実感としてとらえにくい。

それらの認識の程度をどう評価するかは、今後の研究にまたねばならない大きな課題のひとつであろう。

気象単元における観察指導とその評価

ね ら い

水が水蒸気の形で大気中に存在しているときは、われわれの目には見えない。そのため、大気中での水のサイクルについての過程や量的関係を、直接目で確かめることはできない。しかし、水が凝結して水滴に変わったとき、雲・霧・雪・降水などの形で目で確かめることができるようになる。このような観点にたつと、雲や降水は、水のサイクルにおいて重要な指標の役割をはたしているとみることができる。

ここでは、雲の観察を通して大気中の水のサイクルについて理解を深めるとともに、気象現象のもとには太陽の放射エネルギーによることを知り、放射エネルギーによる水の循環と大気の変動の様子を、動的に理解させることをねらいとして、観察指導を進めてみたので、ここに報告する。

1 観察指導の留意点と評価の観点

雲の観察指導では特に次のようなことに留意した。

- 観察の観点を決め、ねらいをもった観察をすること。
- 雲は常に変化しているものであること。
- 雲の観察から天気の変化を知るには、かなり長期間の観察が必要であること。
- “雲の観察から天気の変化を調べるには、雲のどんなところを調べたらよいだろうか。”という課題を提示し、観察の観点を話し合った結果、雲の形・雲の色・雲の高さ・雲量・雲の速さや方向などの観点で調べ、観察は1時間ごとに10日間連続して行なうこととした。観察に用いる記録用紙は、話し合いを中心に作成し、各自に10日分ずつ配布した。

観察についての評価は、次のような観点をもうけ、観察のねらいがよく達成されているかどうかを、生徒の記録・話し合いをもとにして評価を行なった。

- 雲を常に変化しているものとして見ることができるか。
- 気象のように変化していくものの記録の取り方として適切であるか。
- 雲の変化と天気の変化の関係が理解できたか。

○不足のデータの発見につとめ、データの読み方や比較のしかたを適切にしているか。

○データの比較から天気の変化に対する考察がどのようになされているか。

2 観察記録とその考察

(1) 観察記録にみられる問題点

観察記録の取り方を、男生徒Aの3日めの観察をもとにして、そこにみられる問題点とクラス全体でみられる問題点をあげてみる。なお、Aは理科が好きな中の上から上の下の成績の生徒である。

雲の観察 雲の変化を調べ、天気の変り変わりを考えよう

9月15日

2年7組

観測者名 A

時 間	雲の形と色	雲の高さ	雲量	雲の動きの向きと速さ
6:00				
6:50				
7:50	乱層雲・灰色	L	10	北西→南東・少し速い
8:50		M	9.5	" "
9:40	乱層雲・灰色	M	10	北西→南東・少し速い
10:35	" "	M	10	" "
11:30	" "	M	10	" "
12:25	" "	M	10	" "
1:15	" "	M	10	" "
2:10	乱層雲・積雲・灰色	M	10	南西→北東・少し速い
3:00	" "	M	10	" "
4:00	" "	M	10	" "
5:00	" "	M	10	" "
6:00	" "	M	10	" "
7:00	" "	M	10	" "

○夜間の天気変化で気づいたこと

な し

○日中の気象変化の急変などで気づいたこと

- ・7時30分ごろから8時ごろまで雨が降った。10時半ごろからまた降りだした。
- ・5時ごろ少し暖かい風がふいていた。

○1日の気象変化についてまとめる。

- ・山がはっきり見えなかった。
- ・今日の雲はほとんど高さがMだった。そして速さも普通より速かった。
- ・雲量はだいたい10位

・雲の変化もそんなに激しくない。

9月15日の記録から

<Aの記録から>

(問題点)

- ・雲の種類と高さの関係が違っている。
- ・雲量の表わし方(9.5と10)の違い。
- ・雲の速さの基準がはっきりしていない。
- ・前日までとの比較でみていない。

(よく観察している点)

- ・きちんとした記録をしている。
- ・“山が見えなかった”という視程にも目を向けている。
- ・“...暖かい風...”という風と温度の関係に気づいている。

<クラスの記録全体を通じて>

(問題点)

- ・雲を変化するものとしてとらえていない.....33
- ・雲の種類と高さの関係が違っている.....16
- ・雲量の表わし方の違い.....7
- ・観察データを読みとれないもの.....10
- ・前日までとの比較でみていないもの.....39
- ・記録が行えないもの.....5

(よく観察している点)

- ・雲の動きと方向を正しく見ているもの.....36
- ・雲の形・雲の色をよく見ているもの.....1
- ・雲を動きの速さで見ているもの.....21
- ・雲の動きと雲の形で見ているもの.....17

(2) 考 察

観察を開始して3日めの記録には、上述のようないろいろの問題点が含まれている。その原因を考察してみると、1.記録用紙の不備、2.観察方法の間違い、3.観察記録をすることの不慣れなどが考えられる。1の記録用紙の不備からでる問題は、気象変化を1日の変化でおさえたことである。雲の変化から天気の変化を考えるには、前日までの雲の変化と比較して考えさせる必要がある。1日の雲の変化の考察からは、天気の変化がわかる場合もあるが、わからない場合の方が多い。したがって、雲を変化する

ものとして見るような記録用紙を作成する必要がある。また、1が教師の側の問題点であるとする、2・3は生徒の側の問題点である。雲の種類と高さの違いが多いが、これは教科書の口絵の写真と、観察した雲の絵合わせが違ったものである。雲は、種類を知るのが目的ではないから、大ざっぱに分類し、すじ雲のなかま・白い雲のなかま・灰色～黒色の雨雲のなかまの3段階と、積雲のなかま・積乱雲のなかまの2段階、合わせて5段階くらいにわけた方がより効果的であろう。また、雲の流れの速さについては、ふつう・やや速い・ゆっくりなどの記述を行なっているが、その基準になるものに欠けている。むこうの木と木の間を何秒くらいの速さで動いているから速いというような基準をつかませるべきである。よく観察している点としては、西から東へ動く雲の動きの向きを大部分の生徒が指摘していることと、動きの速さの見方が同じであることであろう。これらに対し、問題点の話し合いを指導の過程で加え、観察のしかたの変容を調べた。その一例として9月19日の記録をあげてみる。

9月19日の記録にみられる問題点とよく観察している点をあげると次のようであった。			
○雲を変化するものとしてとらえていないもの	5	○とらえているもの	32
○雲の種類と高さが違うもの	6	○正しくみているもの	31
○雲量の表わし方が違うもの	1	○正しく行なわれているもの	36
○観察データを読みとれないもの	3	○あるていど読みとれるもの	34
○前日までの比較でみていないもの	8	○みているもの	29
○記録が行えないもの	3		

動的な観察ができなかった初期に対し、観察のしかたを生徒自身が検討した後に行なった観察では、雲を変化するものとしてとらえることのできる生徒がたいへん多くなっている。また、雲の変化から天気との関係を考えるとき、前日までの天気との比較で雲をみることができるようになってきた。これは次のような記述の中によく表われている。「きょう降った雨は、15日の雨の降り方と違うようだ。15日はひと晩中雨が降っていたが、きょうの雨は、雲の動きが速くなって、空が暗くなってきたらすぐ激しい雨が降って、間もなく雨がやんだ。風が急につめたくなったようだ」また、その他の観察のしかたも良くなっている。しかし、観察のしかたがよくなった後期には、雲の動きの向きを考える生徒が少なくなった。これは、雲の動きを見ていないのではなく、関心をひかなくなったためと考える。このへんが長期観察を続ける場合、注意してかからなければならない点であろう。観察についての話し合いや適切な助言をつけ加えることにより、より効果的な観察が行なわれうるものが、次の16日以後の観察記録からも読みとれる。

3 雲の観察データから天気の変化を予想する学習活動の評価

次のようなデータを与え、「これからの天気の変化はどうなりますか。自分の考えを書き、なぜそのように考えたか理由を書きなさい。」という問題をだして、その解答をもとにして各自の考え方を評価した。

時 間	雲の形と色	雲の高さ	雲量	雲の動きの向きと速さ	結果と理由の一部
6:00	積雲(白色)	M	7	はやく西→東	○しだいに曇ってくる-----4
6:50	" と 絹雲	M	3	"	・雲がしだいに厚くなっているから
7:50	"	M	5	ゆっくり西→東	・絹雲が絹積雲にかわってきたから
8:50	"	M	5	"	・雲の色が白から灰色にかわってきたから
9:40	" と 絹積雲	M	3	はやく西→東	○あした雨が降る-----7
10:35	" と "	M	9	"	・雲の動きがゆっくりになって
11:30	" (灰色)	M	9	ゆっくり西→東	

雲量が多くなっているから ・ 絹雲が絹積雲にかわってきたから ・ 雲がしだいに近くなってきたから ・ 15日の雨のときは前日から雲が低くなってきたし、この場合も、絹雲から絹積雲にかわってきているから

- 間もなくにわか雨が降る-----26
- ・ 積雲の白色が灰色に変わったから
- ・ 空がほとんど灰色の積雲でおおわれたから
- ・ 19日の場合も積雲のでている間は、雲の動きがゆっくりだから
- 不明-----3

雲の観察から天気の変化を考えるときにたいせつなことは、変化するものとしての雲と天気との関係づけを行なうことである。ここでは、9月21日の午前中の雲の変化を例にとり、どのような関係づけを行なっているか調べたものである。これを見ると、33名の生徒は以前の観察にもとづき、変化しているものとして雲をとらえていることがわかる。その中で、26名は積雲の変化から天気の予想を行なっており、7名の生徒は、絹雲、絹積雲の変化から天気の変化の予想をしている。データからは、積雲の変化から天気の変化の予想をすることの方が望ましいが、どちらも以前の観察をもとに天気の変化を予想しているという点では、観察学習の効果があつたものと思われる。

4 反 省

天気の移り変わりを雲の観察をもとに指導を行なったものであるが、今回の指導を通していえることは、雲の変化から天気の変化を

考えさせるには、かなり効果的な方法であつたといえる。しかし、観察を始めるにあたって、事前に何日間かの予備調査期間をおかなかつたことが、初めの観察の観点がはっきりしなかつたこととなつて表われた。継続観察を始めるにあたっては、観点をはっきりさせるため、記録のとり方を同じレベルにするためにも、数日間の観察をさせる必要がある。

このような気象の学習の進め方をすると、自分の観察データを発表しあふことにより、成績の上下に関係なく積適的な学習が行なわれ、同時に、気象現象に興味と関心を持たせることができた。

この観察は、「雲と降水」というところで実施したものであるが、気象単元の導入として使う、ひとつの方法だろう。気象観測のデータは、県立中条高等学校からお借りしたものである。ここに厚くお礼を申しあげる。

いくつかの資料から、ひとつの推論を導びく指導とその評価

——「台風の進路」の学習から——

気象教材の学習では、ある気象現象について探究していくとき、いろいろな資料から総合的に考察していくことがたいせつである。そして、その考察の過程で、規則性や周期性があることをよみとっていくことが、気象現象の本質的な理解につながると考える。この研究は、中学2年「気象」の学習の中か

雲の観察——雲の変化と調べた天気の移り変わりを考えよう——

9月16日

観察者名 B

時間	雲の形と色	雲の高さ	雲量	雲の動きの向きと速さ
6:00	層雲 灰色	M	10	ほとんど動かない
6:50	層雲 灰色	M	10	層雲
7:50	層雲 灰色	M	10	層雲
8:50	層雲 灰色	M	10	層雲
9:40	層雲 灰色	M	10	層雲
10:35	層雲 積雲 灰色	L	10	西から東速く
11:30	層雲 灰色	M	10	西から東ゆっくり
12:25	層雲 灰色	M	10	層雲
1:15	層雲 灰色	M	10	ほとんど動かない
2:10	高層雲 積雲 灰色	M	9	西から東ゆっくり
3:00	層雲 灰色	M	9	西から東速く
4:00	層雲 灰色	M	10	西から東ゆっくり
5:00	層雲 灰色	M	9	層雲
6:00	層雲 灰色	M	10	ほとんど動かない
7:00	?			

夜間の天気変化を気づいたこと

日中の気象変化の急変などを気づいたこと

- ・ 雲がどんどん低くなつて雨が降つた AM6時50分にわか雨
- ・ 午後2時頃晴れたがまたぐくむた AM7時21分やむ
- ・ 1日の気象変化についてまとめる AM7時23分にわか雨 PM1時にやむ
- ・ 朝は雨が降つていて午後からは晴れなようなときがあった

生徒記載例

ら「台風は、なぜ秋にばかりやってくるか」という生徒の素朴な疑問を出発点として、それを解決していく過程で、彼らがどのように資料をよみとり推論していったかを、彼らが記入したカードをもとに検討し評価を試みたので報告する。

1 指導のねらいと資料活用意图

生徒がいくつかの気象要素を関係的にみ、総合的にとらえていくことは、気象現象の規則性や周期性をみつけ、究極的には気象現象に対する時間的・空間的な見方を身につけていくことだと考える。そして、大気の変化や運動を太陽エネルギーとの関係で理解していくことにつながると考える。

この「台風」の題材は、気象単元の終りの段階で扱ったので、生徒たちが問題を探究するために、これまでの学習で得た経験の中でも、特に天気図を活用して、推論してくれることを期待した。台風のコースが、毎年同じ季節には、ほぼ同じコースを通る理由を考察していくためには、各季節の天気図や日本付近の代表的な台風のコースを示す資料などを活用することが有効であると考えた。

2 評価の観点と方法について

生徒の学習のようすを知る手がかりとして、展開の欄に示したような「評価の観点」を設定した。設定にあたっては、生徒がはじめにもった問題を追求していくために、どのような資料を必要とし、それをどのようによみとって判断していったかをつかむことができるようにした。

評価の方法としては、生徒各自に前もって渡しておいたカードに、学習の進展にともなって自分の考えを自由に記述させ、それをあとで集計した。その結果については、生徒の反応の欄におりこんで示すようにした。

3 展開の概要（指導計画については、紙面のつごうで省略した。）

(1) 本時のねらい：台風の進路が、季節によって変化したり、ほぼ同緯度付近で曲がったりするのは、気団の勢力の変化や上空の大気の流れと関係があることを推論することができる。

(2) 展 開（T……教師のはたらきかけ、S……生徒の反応）

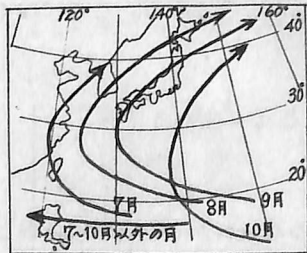
はたらきかけと反応
A 台風はなぜ秋にばかりやってくるのだろうか。

評価の観点

S₁ 本当に秋にばかりやってくるのか。

（中略）

T₁ この日本付近の代表的な台風のコース図を見てどのようなことが言えるだろうか。



S₂ 日本には、やっぱり9月頃に来る。

（24/40名）

S₃ 夏は大陸寄りのコースで9～10月になると太平洋側に寄ってくる。（38/40名）

S₄ 7～10月以外の月は、少し違ったコースだ。（2/40名）

S₅ 7～10月のコース

1. 「代表的な台風のコース」図をいろいろな観点からよみとることができるか。

(i) 7～10月につれてコースが大陸寄りから太平洋側寄りになること。

(2) コースのパターンが、ほぼ一定であること。

(3) 7～10月の台風は、ほぼ同緯度で進行方向が変わっていること。

(4) 7～10月以外の台風のコースは、7～10月のものと大きな違いがあること。

（図一1）各月の台風のコース

は、大体同じような形に曲がっている。(17/40名)

⋮

(中略)

B 台風のコースが、季節によってほぼきまっているのはどうしてだろうか。

S6 気圧の配置に関係していると思う。(32/40名)

S7 地形に関係しているのではない。(4/40名)

S8 地球の自転に関係していると思う。(1/40名)

⋮

S9 やっぱり、気圧配置に関係している(37/40名)

T2 本当にそうなのかをはっきりさせたいのだが…。

S10 台風が通過した時の気圧配置とコースとの関係を調べればよいのではない。(21/40名)

S11 各季節の気圧配置と各月の台風コースとを対比してみればよいのではない。(11/40名)

⋮

S12 最近の台風通過の天気図はないか。

T3 '69年8月18～25日9号台風の天気図(新潟気象台発表)を各グループに配布。

S13 台風が通ったコースをたどるには……?

S14 18日の天気図に、その後の毎日の台風の中心位置をかきこんで線で結べばよいのではないか。

T4 OHPでプロットしながら生徒の作業を確認。

S15 台風はちょうど日本の上を通っている。

(19/40名)

S16 太平洋側の高気圧のへりを通っている。

(図-2)'69年9号台風のコース

(9/40名)

S17 高気圧と低気圧の間を通っているようだ。

(4/40名)

S18 19日頃は大陸・太平洋側とも高気圧で、台風はその間にあるが、その後はちがう。(2/40名)

S19 18～22日は、太平洋側の高気圧が日本の方まで出ていて台風のコースは大陸寄り。23～25日は、この高気圧がひっこんで台風のコースは太平洋側寄りになっている。(4/40名)

⋮

S20 太平洋側の高気圧が日本上空にはりだしている時は台風のコースが大陸寄りで、ひっこんでいる時は、台風のコースが東寄り(太平洋側)になる。

2 よみとったことをもとにして、自分の問題をもつことができるか。

3 問題について多面的にとらえ、いくつかの要素を関係づけて考えることができるか。

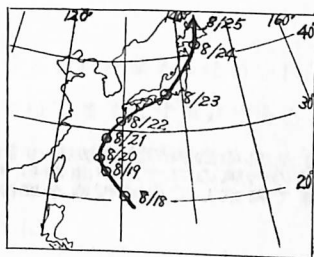
季節によって変化するのだから、季節が移ると変化する要素と関係するのではないかと考える。

4 いろいろな考えの中から問題の焦点をしばらく、解決のための方法を考えることができるか。

5 具体的な作業を通して天気図をよみ、気象要素を関係的にとらえて解釈することができるか。

(1) 天気図から台風の中心位置をよみとり、その移動のようすを一枚の天気図に日を追ってプロットすること。

(2) 作成した9号台風のコース図と18～25日の天気図とを対比して、台風のコースと気圧配置との関係を指摘すること。



C 他の台風も、この9号台風の場合と同じようなことが言えるだろうか。

S21 さっきI君が言ったやり方(S11の反応)で調べればよい。

〔以下各季節の天気図(教科書一学図-P280~281)と各月の代表的コースとの対比によるグループ学習〕

(この後※印の反応までは、あるグループ内の反応)

S22 夏は太平洋上に高気圧。これは北太平洋気団だ。

S23 6月頃も太平洋側が高気圧で大陸側は低気圧だ。

S24 どうもはっきりしないな。台風のコース図には1月や4月頃のコースが書いてないし……。

S25 いや、それは7~10月以外のコースというのを見ればよい。

S26 それなら、だいたい高気圧と低気圧の間を通っていると言えいいのかな……。

S27 それはちがう。もしそうなら4月頃のコースも7~8月の台風コースに似た形になるはずだ…。

⋮

S28 季節によって気団の位置が移動するので、それに影響されるのだ。

(以下、各季節の気団の動きとコースの関係を整理。)

T5 ここまでの勉強で、はじめの問題は解決したか。他に疑問は……?

S29 7~10月以外の台風は、なぜ大陸の方へまっすぐ進むのか。(26/40名)

S30 夏は、まだシベリア気団がはりだしていないのになぜ台風のコースは途中で太平洋側へ曲がるのか。(5/40名)

S31 なぜ気団は季節によって出たりひっこんだりするのか。(2/40名)

〔この後は、S30の反応の問題を中心にとりあげ、7~10月の台風コースがいずれも北緯20~30°付近で同じように曲がっていることや、7~10月以外の台風のコースが曲がらずに大陸の方向へ進むことなどについて、おもに上空の大気の流れとの関係で考察していく授業を展開した。〕

4 指導についての評価

生徒たちがはじめに抱いた疑問を解くために、天気図などの資料は果して有効に使われただろうか。

“台風は、なぜ秋にばかりやってくるのか”というような疑問は、気象現象についての総合的な見方が身についていず、狭い生活経験からものごとを判断しようとするためであろうと考えられる。中学2年の気象単元の学習を終えようとする段階にきて、多くの生徒(17/40名)がこのような問題をもつのは、これまでの筆者の指導に反省すべき点が多いためであることを率直に認めなければならないが、上記の実践をとおして、次のような意義を認めることができると考える。

- (1) 図式モデルとしての天気図のよみとり方を復習し、気象現象を総合的にとらえていく能力を更に高めることができたのではないかと。例えば、展開でのS16~20やS22~28の反応の中にそれを読みとることができる。また、台風コースのパターンを上空の大気の流れとの関係で考察したことなど。
- (2) 気象現象のもつ規則性や周期性について、台風のコースをひとつの素材として具体的に感得させることができたのではないかと。“台風はなぜ秋にばかりやってくるのか”という疑問そのものに規則性

6 表現の異なる資料を比較し、問題を解決するために目的に応じたよみとりをすることができるか。

- (1) 各季節の気圧配置を概括的にとらえること。
- (2) 日本付近における季節ごとの特徴的な気団の推移と台風のコースの変化のしかたとを結びつけて関係的にとらえること。

や周期性についての意識が内在していると考えられるが、「日本付近の代表的な台風コース」図を問題解決の手がかりのひとつとして、各季節の代表的な天気図の気圧配置と台風コースとを対比していくという操作によって、具体的に規則性や周期性をよみとってくれたと考えられる。そのことは、S₃～S₅やS₂₇～S₂₈などの反応でうかがわれる。さらに、S₂₉～31のように新しい問題に目をむけていることから言える。

(3) '69年8月の9号台風が通過した際の天気図を用いて作業したことは、観念的に気団と台風コースとの関係をとらえていた生徒にとって、実際に具体的な思考操作をすることの重要性を認識させることができたのではないかと考える。T₂のはたらきかけに基づくそれ以後の生徒たちの学習の中で、S₁₅～17の反応でよしとしていた生徒が、S₁₈やS₁₉の発言に刺激されて、もう一度自分によってS₂₀のような反応を導いたなどは、その例である。

(4) 気象衛星から撮影した地球表面の数枚の写真は、台風のコースが、ほぼ北緯20°～30°付近で同じような方向に曲がっていることを、地球上空の大気の流れとの関係で考察させる際に有効であったと考える。概略的にはあるが、地球上には大きな空気の流れがあることを類推することができる。この写真は、北緯20°～30°を境にして吹いている偏西風と貿易風についての証拠のひとつとしてたいせつな手がかりとなった。

学級の中で一人の生徒が、学習によって変容していくことをとらえるには、集団の中の一人としての位置づけをはっきりさせ、他の生徒たちの認識の傾向によってどのように影響をうけたかを評価していかなければならないと考えるが、今回の実践では、そのようなことは全くできなかったことを反省している。

自分が必要とする資料を集め、それを目的に応じて解釈し処理していく能力は、これからの社会に生きる生徒にとっては、ますます重要である。このような能力を開発する指導は、日常の授業の中でこすりかえし訓練されなければならないことを、今回の実践を通して通感している。

III おわりに

この授業実践をつうじて、基本的科学概念を重視しながら、科学の方法を体得させていく学習指導は、なかなかむずかしいものであるということを痛感した。さらに、このような過程における評価の問題は、いっそう困難な研究課題である。しかし、評価の問題をぬきにしては、児童・生徒自らに自然を探究させる、より有効な学習指導のあり方の追究にはならない。今後は、この実践を土台として、よりよい実践研究を積み重ねていきたいと考えている。

最後に、この研究に際して、教育実践の場を提供していただいた関係の皆様には厚くお礼を申し上げる。

文 献

- 1) 塩田芳久(1968) 学力テストの功罪 日本教育評価研究会 指導と評価 Vol 14 No2 PP. 3～5
- 2) 栄岩吉郎(1970) 評価目標の分析と具体化の手順 明治図書 理科教育 No12 PP. 21～24
- 3) 新潟県教育委員会(1970) 学校教育実践上の努力点 P. 14